

УДК 004.896

## КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ИНТЕГРАЦИИ ВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА И РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Каляшина А.В., Сатдаров Т.Р.

*ФГБОУВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», Казань, e-mail: kai@kai.ru*

В данной статье описана разработка комплексного решения автоматизации волоконного лазера и роботизированного комплекса третьего поколения. Комплекс предназначен для автоматизации технологических процессов элементов кузова автомобиля и комплектующих методом штамповки, а также автоматизации сопутствующих процессов: создание трехмерных моделей обрабатываемых штампов, измерение и исследование поверхностей штампов и распознавание мест, требующих упрочнения, с применением лазерных технологий и волоконного лазера. В статье описаны основные структурные элементы комплекса, обеспечивающие его работу, приведены подробные диаграммы последовательностей бизнес-процессов: по упрочнению, по созданию эталонных штампов. Определены перспективные направления дальнейшего развития комплекса лазерного упрочнения: возможность нанесения лазерным устройством на штампы специальных меток, расчет и визуализация термических полей, дополнительные программируемые оси манипулятора.

**Ключевые слова:** роботизированный комплекс, волоконный лазер, упрочнение штампов, оптимизация, обработка металлов

## FULLY INTEGRATED SOLUTION OF THE FIBER LASER AND THE THIRD GENERATION ROBOTIC COMPLEX

Kalyashina A.V., Satdarov T.R.

*Kazan National Research Technic University named after A.N. Tupolev, Kazan, e-mail: kai@kai.ru*

This article describes the development of a complete solution for the fiber laser automation and for the third generation robotic complex. This complex is intended for the technical process automation of the components and elements of car body using by forged method. It should be noted, also the automation of companion processes: 3D models creation of proceeded stamps; Measurement and research of stamp's surfaces; Places identification has to be strengthened by using the laser technologies and fiber laser. The article describes the main structural elements of the complex, in the same way it shows the sequence diagrams of business processes. Here they are the perspective directions of the further complex development for the laser hardening. There is the possibility to apply the special marks on stamps using the laser device. The further complex development for the laser hardening also includes the calculation and visualization of thermal fields and additional programmed manipulator's axes.

**Keywords:** robotic complex of the third generation, laser, processing of metals, hardening of dies, optimization, metalworking

В современных условиях рынка перед машиностроительными предприятиями возникают задачи внедрения различных методов оптимизации технологий производства, в том числе за счет автоматизации, с целью повышения конкурентоспособности конечной продукции.

Другой важнейшей задачей является оптимизация временных затрат между различными этапами производства, влияющими на общее время выпуска конечного продукта, освобождая производителя от необходимости содержания множества параллельно работающих участков и резервного оборудования.

Одной из ключевых и наиболее трудоемких стадий производства, влияющей на выполнение вышеуказанных задач, является изготовление элементов кузова автомобиля и комплектующих методом штамповки, что подразумевает наличие, использование и поддержание в рабочем состоянии большой палитры штамповых оснасток.

На сегодняшний день широкое применение в машиностроительной промышленности получают лазерные технологии, одним из возможных вариантов применения которых является упрочнение металлов. Главными преимуществами лазерной технологии являются значительное повышение прочности металлов (до 62 HRC), высокая скорость выполнения технологической операции по упрочнению, возможность автоматизации с использованием роботизированных систем.

В данной статье отражены методологические основы разработки автоматизированного комплекса третьего поколения по упрочнению штамповых оснасток (далее – Комплекс). Комплекс предназначен [1] для автоматизации технологических процессов по упрочнению штампов, используемых на машиностроительных производствах, а также автоматизации сопутствующих процессов: создание трехмерных моделей

обрабатываемых штампов, измерение и исследование поверхностей штампов и распознавание мест, требующих упрочнения, с применением лазерных технологий и волоконного лазера.

В результате внедрения Комплекса обеспечиваются следующие результаты: увеличение срока эксплуатации штампа, уменьшение энергозатрат, сокращение временной продолжительности и накладных расходов на упрочнение и ремонт штампов, а также при высоких показателях эффективности возможность последующей модернизации, включающей в себя этап по восстановлению штампов с помощью лазерных технологий.

Оптимизация и автоматизация процессов по упрочнению штампов с помощью применения лазерных технологий обеспечивает:

- увеличение срока службы штампов, что существенно снижает эксплуатационные экономические затраты;
- увеличение эксплуатационной гибкости;
- повышение качества производимых изделий;
- уменьшение отходов производства;
- ускорение возврата штампа в производственный процесс после ремонта;
- увеличение энергоэффективности процесса упрочнения;
- повышение эффективности производства.

На рис. 1 представлена общая структурная компоновка Комплекса.

Комплекс выполняет следующие функции:

- распознавание и сравнение поверхности штампа с существующей моделью эталона;

- обнаружение мест, требующих упрочнения на штампе;

- выполнение технологического процесса по упрочнению с применением лазерного устройства, установленного на механической системе перемещения;

- размещение штампа на рабочей поверхности стола с последующим его закреплением и перемещением;

- обеспечение функции выходного контроля качества на соответствие допусков эталонным параметрам.

В процессе интеграции структурных элементов к каждому из них предъявляются определенные требования.

Компьютерное зрение должно быть реализовано на основе сканирующего устройства, которое необходимо для получения точного рельефа обрабатываемой поверхности с целью его дальнейшего анализа. Оно также должно позволять считывать лазерную маркировку штампов.

Принцип сканирования основан на оптическом методе, т.е. сканер излучает в направлении объекта сканирования электромагнитные волны оптического диапазона и анализирует отраженный от него сигнал.

Лазерное устройство оснащено датчиками слежения по z-составляющей за обрабатываемой поверхностью. Также установлен стационарный пирометр, обеспечивающий нормальное определение рабочего диапазона температур и выходов за него, с последующим отключением или корректировкой режима работы Комплекса, для требуемого технологического процесса.

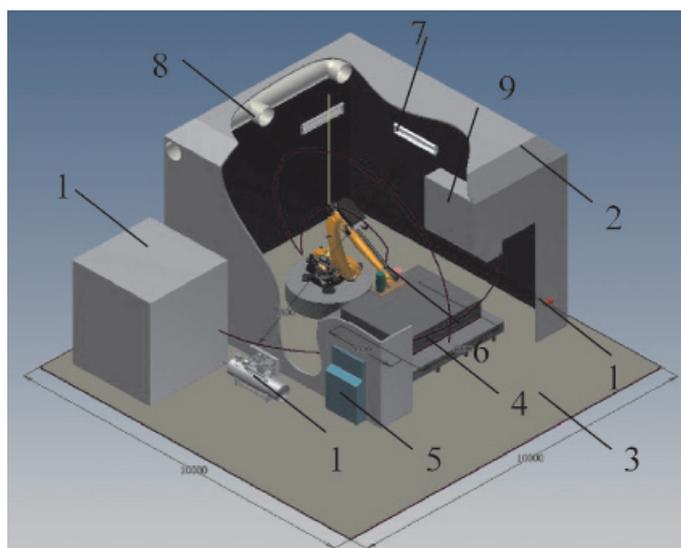


Рис. 1. Общая структурная компоновка Комплекса:

1 – корзина для периферийных узлов; 2 – кабина; 4 – станина; 5 – пульт управления; 6 – станция манипулятора; 8, 11 – система охлаждения; 10 – аварийная система

Для осуществления контроля относительно вертикального расстояния от рабочего устройства до обрабатываемой поверхности возможна установка лазерного интерферометра.

Программная часть обеспечивает нормальное функционирование Комплекса в режимах по упрочнению деталей [2, 3]. Для решения данной задачи требуется выполнение следующих функций:

- создание цифровой модели штампа на основе данных, получаемых от 3D-камеры;
- автоматическое выделение областей, подлежащих обработке и построению траектории движения лазера;
- создание и считывание технологических меток штампов;
- проведение упрочнения детали в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах;
- управление всеми технологическими процессами в режиме реального времени.

Серверное ПО предназначено для организации БД эталонных образцов штампа и предоставления сервисов по вычислению и анализу информации, поступающей с уровня клиентского ПО, в т.ч. сканирующего устройства.

БД и сервисы серверного ПО доступны различным клиентам в соответствии с ро-

лями пользователей, предусмотренными в Комплексе.

Для обеспечения выполнения поставленных задач должно быть реализовано клиентское ПО в виде приложения, состоящего из трех АРМ, с соответствующими ролями доступа к функциям.

Клиентское ПО должно предоставлять пользователям удобный и интуитивно понятный интерфейс для выполнения необходимых функций Комплекса, в соответствии с ролью и правами доступа пользователя. Роль пользователя и права доступа должны определяться автоматически на основании указанных пользователем системы регистрационных данных (имя пользователя и пароль), введенных при запуске в специальном окне клиентского ПО.

Интерфейс должен быть легко читаем, должен содержать меню выбора функций и набора панелей для управления и визуализации текущей технологической операции и ее состояния.

Функция по упрочнению штампа является основной для АРМ оператора, она реализует технологический бизнес – процесс, описанный в диаграмме последовательности действий Оператора в режиме упрочнения [4] (рис. 2).

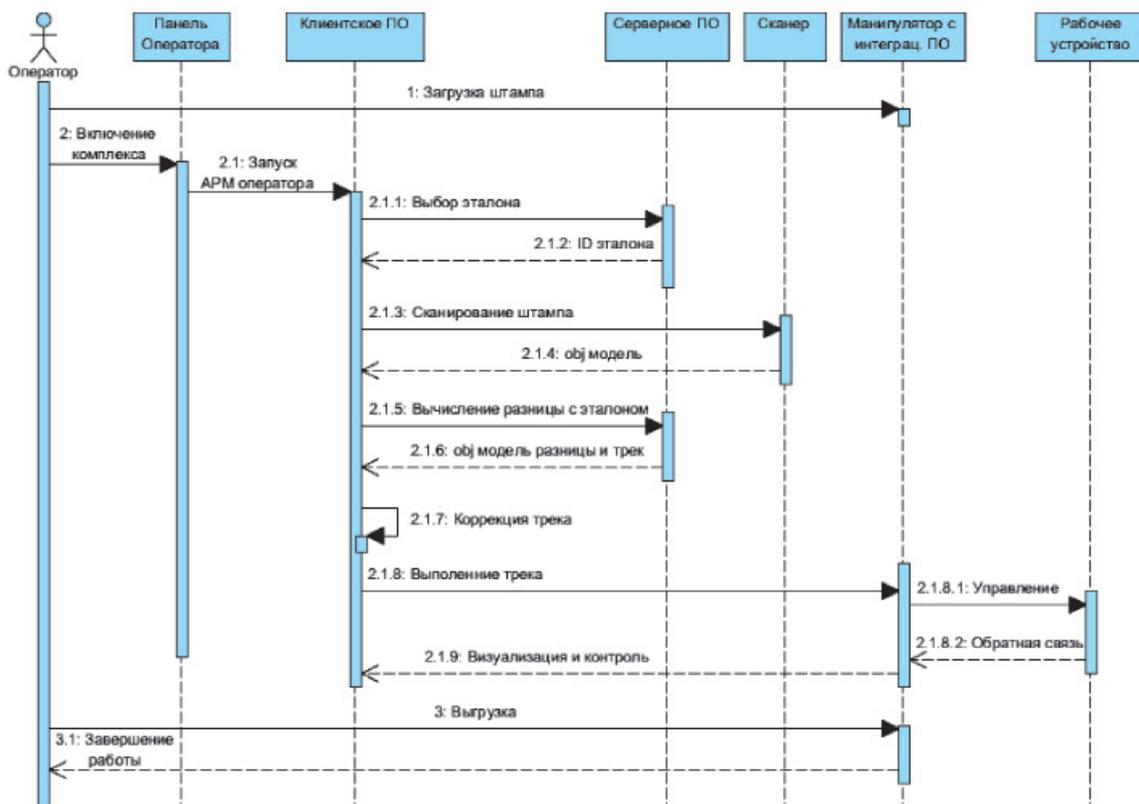


Рис. 2. Диаграмма последовательности бизнес-процесса по упрочнению

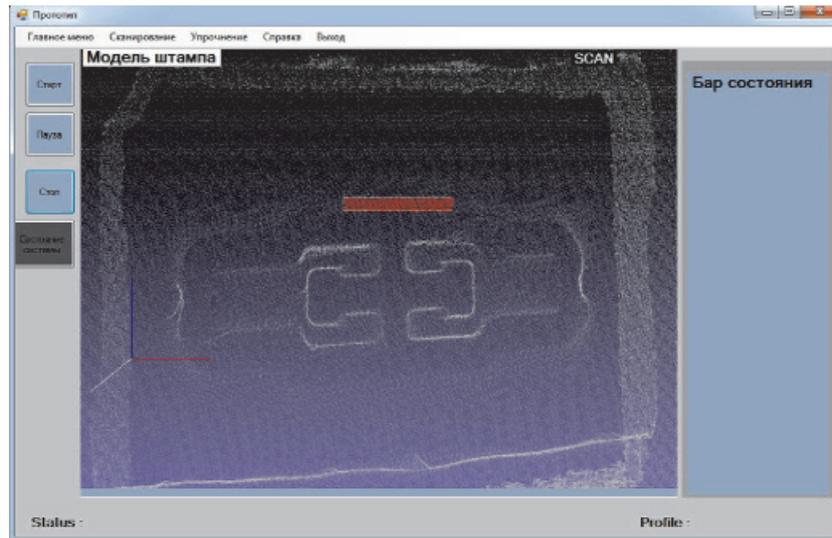


Рис. 3. Прототип интерфейса Оператора

Процесс упрочнения в исключительных ситуациях также может быть реализован без предварительного сканирования, или с ним, или с возможностью редактирования трека на базе модели, непосредственного редактирую и корректирую трек, то есть позволять проводить процесс упрочнения штампа в полностью ручном режиме работы [5].

На рис. 3 показан прототип интерфейса Оператора.

Основной функцией инженера-технолога является функция по созданию эталонных штампов и треков их обработки, которая реализует технологический бизнес-процесс, описанный в диаграмме последовательности действий Инженера-технолога в режиме упрочнения (рис. 4).

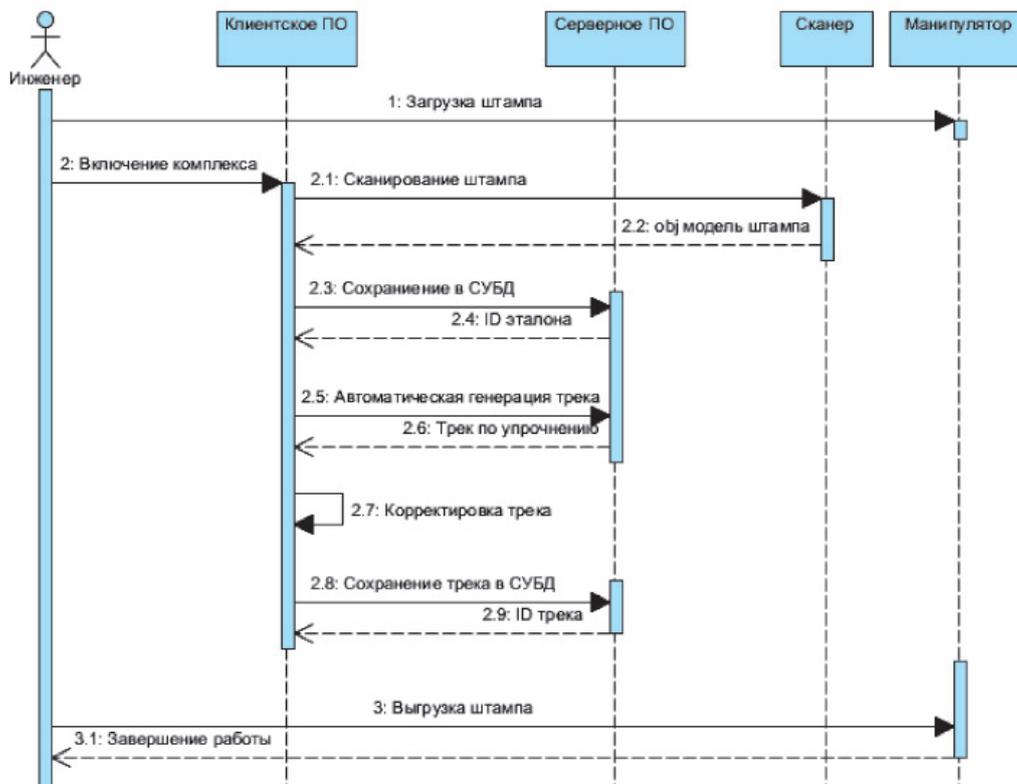


Рис. 4. Диаграмма последовательности бизнес-процесса по созданию эталонных штампов

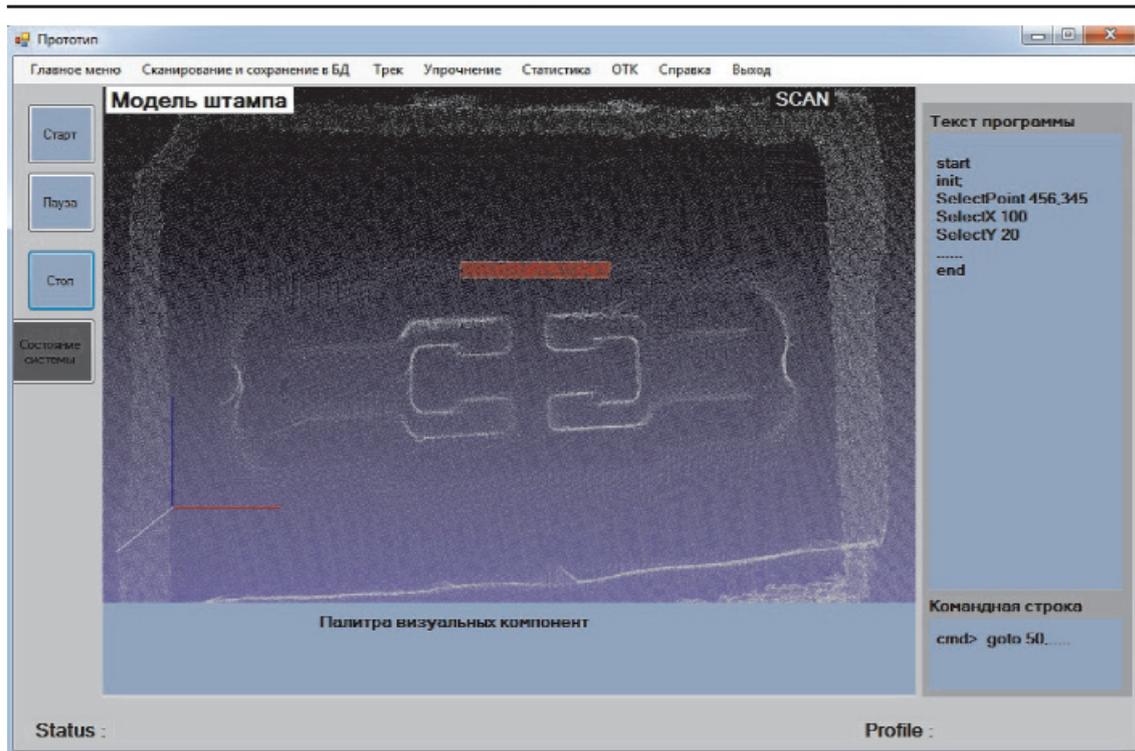


Рис. 5. Прототип интерфейса Инженера-технолога в режиме Сканирования

АРМ в исключительных ситуациях должен предоставлять функционал, обеспечивающий возможность упрочнения детали в ручном режиме, без этапа сканирования и создания трехмерной модели штампа. Обработка должна производиться по формирующим траекторию точкам, указанным в соответствующем диалоговом окне АРМ. Данные действия пользователя должны логироваться, включая построение указанной траектории упрочнения.

Интерфейс пользователя АРМ Инженера-технолога должен реализовать приведенный прототип интерфейса Инженера-технолога в режиме Сканирования (рис. 5).

#### Перспективы развития Комплекса по упрочнению

Проектирование и разработка технических решений по созданию роботизированного комплекса третьего поколения [6] должно производиться с учетом возможного расширения, на последующих этапах работ по развитию комплекса, базового функционала следующими компонентами и функциями:

- возможность нанесения лазерным устройством на штампы специальных меток в виде qr-кодов или bar-кодов

и их последующим считыванием с целью идентификации экземпляров штампов. Считывание должно производиться внешним устройством (считыватель), подключенным к панели Оператора, и управляться клиентским ПО [7];

- технологический режим наплавки (восстановления штампов) осуществляется за счет смены головного рабочего устройства Комплекса, установкой дополнительного периферийного оборудования, такого как дозатор, а также добавлением новых алгоритмов работы ПО;

- расчет и визуализация термических полей, возникающих в процессе термообработки детали, представляет собой дополнительный модуль ПО, интегрируемый в клиентское и серверное ПО;

- дополнительные программируемые оси манипулятора представляют собой штатные расширения выбранного манипулятора в виде механизированного узла, имеющего штатное посадочное место. Дополнительные оси должны стандартным образом встраиваться в систему управления манипулятора и блока кинематики, иметь характеристики, не уменьшающие общую точность позиционирования, полезную нагрузку и рабочую область манипулятора.

**Список литературы**

1. Андрияшин В.А., Каляшина А.В., Сатдаров Т.Р. Роботизированный комплекс третьего поколения по обработке металлов // Вестник КНИТУ им. А.Н. Туполева. – 2015. – № 4.
2. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – Введ. 01-01-1990. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
3. ГОСТ 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Введ. 01-01-2001. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2008. – 14 с.
4. Зубцов М.Е. Стойкость штампов / М.Е. Зубцов, В.Д. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1971. – 200 с.
5. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / ред. А.Д. Матвеева; ред. совет: Е.И. Семенов. – М.: Машиностроение, 1985 – 1987. Т. 4: Листовая штамповка. – 544 с.
6. Роботы третьего поколения // Большая энциклопедия нефти и газа. – URL: <http://www.ngpedia.ru/id402688p1.html> (дата обращения 24.01.16).
7. ISO/IEC 19501:2005 Information technology – Open Distributed Processing – Unified Modeling Language (UML). URL: <http://www.omg.org/spec/UML/ISO/19501/PDF> (дата обращения 24.01.16).

**References**

1. Andrijashin V.A., Kaljashina A.V., Satdarov T.R. Robotizirovannyj kompleks tretego pokolenija po obrabotke metallov // Vestnik KNITU im. A.N. Tupoleva. 2015. no. 4.
2. GOST 34.602-89 Informacionnaja tehnologija. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Tehnicheskoe zadanie na sozdanie avtomatizirovannoj sistemy. vved. 01-01-1990. Moskow.: IPK Izd-vo standartov, 1989. 11 p.
3. GOST 15.201-2000 Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Produkcija proizvodstvenno-tehnicheskogo naznachenija. Porjadok razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Vved. 01-01-2001. Moskow.: Izd-vo Standartinform, 2008. 14 p.
4. Zubcov M.E. Stojkost shtampov / M.E. Zubcov, V.D. Korsakov. Moskow: Mashinostroenie, 1971. 200 p.
5. Kovka i shtampovka: spravochnik: v 4 t. / red. A.D. Matveeva; red. sovet: E.I. Semenov. Moskva: Mashinostroenie, 1985 1987. T. 4: Listovaja shtampovka. 544 p.
6. Roboty tretego pokolenija // Bolshaja jenciklopedija nefi i gaza URL: <http://www.ngpedia.ru/id402688p1.html> (data obrashhenija 24.01.16).
7. ISO/IEC 19501:2005 Information technology – Open Distributed Processing Unified Modeling Language (UML). URL: <http://www.omg.org/spec/UML/ISO/19501/PDF> (data obrashhenija 24.01.16).